

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 751 229

(21) N° d'enregistrement national : 96 09403

(51) Int Cl⁶ : A 61 K 48/00, A 61 K 39/245, 39/155 // C 12 N 15/85

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19.07.96.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 23.01.98 Bulletin 98/04.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : RHONE MERIEUX SOCIETE
ANONYME — FR.

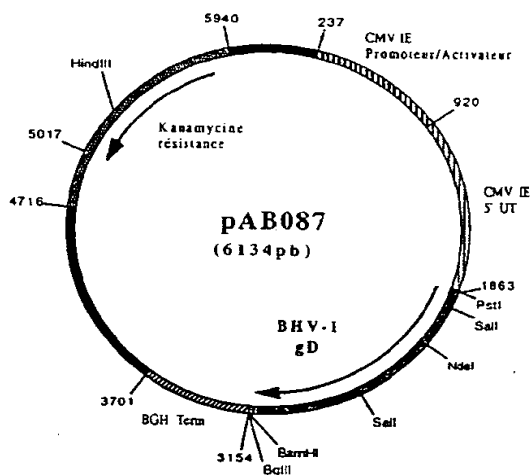
(72) Inventeur(s) : AUDONNET JEAN CHRISTOPHE
FRANCIS, BOUCHARDON ANNABELLE, BAUDU
PHILIPPE et RIVIERE MICHEL EMILE ALBERT.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : CABINET LAVOIX.

(54) FORMULE DE VACCIN POLYNUCLEOTIDIQUE NOTAMMENT CONTRE LA PATHOLOGIE RESPIRATOIRE
DES BOVINS.

(57) La formule de vaccin bovin contre la pathologie respi-
ratoire des bovins, comprend au moins trois valences de
vaccin polynucléotidique comprenant chacune un plasmide
intégrant, de manière à l'exprimer in vivo dans les cellules
hôtes, un gène d'une valence de pathogène respiratoire
bovin, ces valences étant choisies parmi le groupe consis-
tant en virus herpès bovin, virus respiratoire syncytial bovin,
virus de la maladie des muqueuses et virus parainfluenza
de type 3, les plasmides comprenant, pour chaque va-
lence, un ou plusieurs des gènes choisis parmi le groupe
consistant en gB et gD pour le virus herpès bovin, F et G
pour le virus respiratoire syncytial bovin, E2, C + E1 + E2 et
E1 + E2 pour le virus de la maladie des muqueuses, HN et
F pour le virus parainfluenza de type 3.



FR 2 751 229 - A1



**FORMULE DE VACCIN POLYNUCLEOTIDIQUE NOTAMMENT CONTRE LA
PATHOLOGIE RESPIRATOIRE DES BOVINS**

La présente invention a trait à une formule de vaccin permettant la vaccination des bovins notamment contre la pathologie respiratoire. Elle a également trait à une méthode de vaccination correspondante.

Tous les bovins sont porteurs de virus et de bactéries potentiellement pathogènes à des degrés très variables.

Les virus peuvent se multiplier quand l'immunité spécifique est affaiblie et quand il y a des lésions des voies respiratoires. Ils sont ensuite excrétés par l'animal et peuvent alors contaminer d'autres animaux.

Parmi les virus que l'on rencontre, on peut citer notamment le virus parainfluenza de type 3 (PI-3), de pathogénécité propre modérée, le virus respiratoire syncytial bovin (RSV) et l'herpès virus bovin (BHV) encore appelé virus de la rinotrachéite infectieuse bovine (IBR), de pathogénécités propres élevées.

Un autre virus particulièrement important pour son rôle immunodépresseur et ses effets néfastes sur la reproduction est le virus de la maladie des muqueuses ou pestivirus bovin (BVDV).

Ces virus se traduisent en général par une phase primaire d'hyperthermie, de syndrome grippal et de troubles respiratoires, avec des troubles digestifs (diarrhées) dans le cas de BVD. Cette phase peut s'accompagner d'une phase secondaire avec apparition de bronchopneumonies liées à des infections bactériennes, en particulier Pasteurella, pouvant entraîner la mort. Ce phénomène est exacerbé en particulier par l'immunodépression consécutive à l'infection par BVD ou par l'infection des macrophages par PI-3. D'autres symptômes encore peuvent apparaître, comme des avortements avec BVD et BHV.

Il paraît donc nécessaire de tenter de mettre au point une prévention efficace contre les principaux virus intervenant dans la pathologie respiratoire des bovins.

On a déjà proposé par le passé des associations de vaccins contre certains virus responsables de la pathologie

respiratoire des bovins.

Les associations développées jusqu'à présent étaient réalisées à partir de vaccins inactivés ou de vaccins vivants et éventuellement de mélanges de tels vaccins. Leur mise en oeuvre pose des problèmes de compatibilité entre valences et de stabilité. Il faut en effet assurer à la fois la compatibilité entre les différentes valences de vaccin, que ce soit au plan des différents antigènes utilisés ou au plan des formulations elles-mêmes, notamment dans le cas où l'on combine à la fois des vaccins inactivés et des vaccins vivants. Il se pose également le problème de la conservation de tels vaccins combinés et aussi de leur innocuité notamment en présence d'adjuvant. Ces vaccins sont en général assez coûteux.

Les demandes de brevet WO-A-90 11092, WO-A-93 19183, WO-A-94 21797 et WO-A-95 20660 ont fait usage de la technique récemment développée des vaccins polynucléotidiques. On sait que ces vaccins utilisent un plasmide apte à exprimer dans les cellules de l'hôte l'antigène inséré dans le plasmide. Toutes les voies d'administration ont été proposées (intrapéritonéale, intraveineuse, intramusculaire, transcutanée, intradermique, mucosale, etc.). Différents moyens de vaccination peuvent également être utilisés, tels que ADN déposé à la surface de particules d'or et projeté de façon à pénétrer dans la peau de l'animal (Tang et al., Nature 356, 152-154, 1992) et les injecteurs par jet liquide permettant de transfecter à la fois dans la peau, le muscle, les tissus graisseux et les tissus mammaires (Furth et al., Analytical Biochemistry, 205, 365-368, 1992).

Les vaccins polynucléotidiques peuvent utiliser aussi bien des ADN nus que des ADN formulés par exemple au sein de liposomes ou de lipides cationiques.

G.J.M. COX a déjà proposé la vaccination polynucléotidique contre l'herpès virus bovin de type 1 dans J. of Virology, Volume 67, n° 9, septembre 1993, 5664-5667. Les auteurs ont notamment décrit des plasmides intégrant les gènes gI (gB), gIII (gC) et gIV (gD).

Dans Vaccine, Volume 13, n° 4, 415-421, 1995, J.E. CROWE présente une revue générale sur les différentes méthodes de

vaccination contre le virus respiratoire syncytial et contre le virus parainfluenza de type 3. Cette revue reprend l'ensemble des possibilités offertes par les techniques actuelles de vaccination et suggère simplement que la technologie de l'immunisation polynucléotidique pourrait être utile dans la stratégie d'immunisation contre RSV et PI-3. Aucune construction de plasmide ni résultat de vaccination des bovins contre ces virus n'est décrit dans ce document.

L'invention se propose donc de fournir une formule de vaccin multivalent permettant d'assurer une vaccination contre un certain nombre de virus pathogènes intervenant notamment dans la pathologie respiratoire des bovins et ainsi assurer une vaccination efficace contre cette pathologie.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle formule de vaccin associant différentes valences tout en présentant tous les critères requis de compatibilité et de stabilité des valences entre elles.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle formule de vaccin permettant d'associer différentes valences dans un même véhicule.

Un autre objectif de l'invention est de fournir un tel vaccin qui soit de mise en oeuvre aisée et peu coûteuse.

Un autre objectif encore de l'invention est de fournir une telle formule de vaccin et une méthode de vaccination des bovins qui permettent d'obtenir une protection multivalente avec un niveau élevé d'efficacité et de longue durée, ainsi qu'une bonne innocuité et une absence de résidus.

La présente invention a donc pour objet une formule de vaccin notamment contre la pathologie respiratoire des bovins, comprenant au moins trois valences de vaccin polynucléotidique comprenant chacune un plasmide intégrant, de manière à l'exprimer in vivo dans les cellules hôtes, un gène d'une valence de pathogène respiratoire bovin, ces valences étant choisies parmi le groupe consistant en virus herpès bovin, virus respiratoire syncytial bovin, virus de la maladie des muqueuses et virus parainfluenza de type 3, les plasmides comprenant, pour chaque valence, un ou plusieurs des gènes choisis parmi le groupe consistant en gB et gD pour le virus

herpès bovin, F et G pour le virus respiratoire syncytial bovin, E2, C + E1 + E2 et E1 + E2 pour le virus de la maladie des muqueuses, HN et F pour le virus parainfluenza de type 3.

5 Par valence, dans la présente invention, on entend au moins un antigène assurant une protection contre le virus du pathogène considéré, la valence pouvant contenir, à titre de sous-valence, un ou plusieurs gènes naturels ou modifiés d'une ou plusieurs souches du pathogène considéré.

10 Par gène d'agent pathogène, on entend non seulement le gène complet, mais aussi les séquences nucléotidiques différentes, y compris fragments, conservant la capacité à induire une réponse protectrice. La notion de gène recouvre les séquences nucléotidiques équivalentes à celles décrites
15 précisément dans les exemples, c'est-à-dire les séquences différentes mais codant pour la même protéine. Elle recouvre aussi les séquences nucléotidiques d'autres souches du pathogène considéré, assurant une protection croisée ou une protection spécifique de souche ou de groupe de souche. Elle recouvre encore les séquences nucléotidiques qui ont été
20 modifiées pour faciliter l'expression in vivo par l'animal hôte mais codant pour la même protéine.

De préférence, la formule de vaccin selon l'invention comprend les quatre valences.

25 En ce qui concerne la valence BHV, on préfère mettre en oeuvre les deux gènes codant pour gB et gD, dans des plasmides différents ou dans un seul et même plasmide. Eventuellement, mais d'une façon moins préférée, on peut utiliser l'un ou l'autre de ces gènes.

30 Pour la valence RSV, on utilise de préférence les deux gènes G et F intégrés dans deux plasmides différents ou dans un seul et même plasmide. Eventuellement, mais de façon moins préférée, on peut utiliser le gène F seul.

Pour la valence BVD, on préférera utiliser un plasmide intégrant le gène E2. Eventuellement, mais de façon moins
35 préférée, on peut utiliser un plasmide codant pour E1 et E2 ensemble ou pour l'ensemble constitué par C, E1 et E2.

Pour la valence PI-3, on préfère utiliser l'ensemble des deux gènes HN et F dans deux plasmides différents ou dans un

seul et même plasmide. On peut aussi utiliser uniquement le gène HN.

Une formule de vaccin préférée selon l'invention comprend et assure l'expression des gènes gB et gD de BHV, G et F de RSV, E2 de BVD et HN et F de PI-3.

La formule de vaccin selon l'invention pourra se présenter sous un volume de dose compris entre 0,1 et 10 ml et en particulier entre 1 et 5 ml.

La dose sera généralement comprise entre 10 ng et 1 mg, de préférence entre 100 ng et 500 µg et plus préférentiellement encore entre 1 µg et 250 µg par type de plasmide.

On utilisera de préférence des plasmides nus, simplement placés dans le véhicule de vaccination qui sera en général de l'eau physiologique (NaCl 0,9 %), de l'eau ultrapure, du tampon TE, etc. On peut bien entendu utiliser toutes les formes de vaccin polynucléotidique décrites dans l'art antérieur.

Chaque plasmide comprend un promoteur apte à assurer l'expression du gène inséré sous sa dépendance dans les cellules hôtes. Il s'agira en général d'un promoteur eucaryote fort et en particulier d'un promoteur précoce du cytomégalovirus CMV-IE, d'origine humaine ou murine, ou encore éventuellement d'une autre origine telle que rat, cochon, cobaye.

De manière plus générale, le promoteur pourra être soit d'origine virale, soit d'origine cellulaire. Comme promoteur viral autre que CMV-IE, on peut citer le promoteur précoce ou tardif du virus SV40 ou le promoteur LTR du virus du Sarcome de Rous. Il peut aussi s'agir d'un promoteur du virus dont provient le gène, par exemple le promoteur propre au gène.

Comme promoteur cellulaire, on peut citer le promoteur d'un gène du cytosquelette, tel que par exemple le promoteur de la desmine (Bolmont et al., Journal of Submicroscopic Cytology and Pathology, 1990, 22, 117-122 ; et ZHENLIN et al., Gene, 1989, 78, 243-254), ou encore le promoteur de l'actine.

Lorsque plusieurs gènes sont présents dans le même plasmide, ceux-ci peuvent être présentés dans la même unité de transcription ou dans deux unités différentes.

La combinaison des différentes valences du vaccin selon

l'invention peut être effectuée, de préférence, par mélange de plasmides polynucléotidiques exprimant le ou les antigènes de chaque valence, mais on peut également prévoir de faire exprimer des antigènes de plusieurs valences par un même plasmide.

L'invention a encore pour objet des formules de vaccin monovalent comprenant un ou plusieurs plasmides codant pour un ou plusieurs gènes de l'un des virus choisis parmi le groupe consistant en BRSV, BVD et PI-3, les gènes étant ceux décrits plus haut. En dehors de leur caractère monovalent, ces formules peuvent reprendre les caractéristiques énoncées plus haut en ce qui concerne le choix des gènes, leurs combinaisons, la composition des plasmides, les volumes de dose, les doses, etc.

Les formules de vaccin monovalent peuvent être utilisées (i) pour la préparation d'une formule de vaccin polyvalent tel que décrit plus haut, (ii) à titre individuel contre la pathologie propre, (iii) associées à un vaccin d'un autre type (entier vivant ou inactivé, recombinant, sous-unité) contre une autre pathologie, ou (iv) comme rappel d'un vaccin comme décrit ci-après.

La présente invention a en effet encore pour objet l'utilisation d'un ou de plusieurs plasmides selon l'invention pour la fabrication d'un vaccin destiné à vacciner les bovins primo-vaccinés au moyen d'un premier vaccin classique du type de ceux de l'art antérieur choisi notamment dans le groupe consistant en vaccin entier vivant, vaccin entier inactivé, vaccin de sous-unité, vaccin recombinant, ce premier vaccin présentant, c'est-à-dire contenant ou pouvant exprimer, le ou les antigènes codé(s) par le ou les plasmides ou antigène(s) assurant une protection croisée.

De manière remarquable, le vaccin polynucléotidique a un effet de rappel puissant se traduisant par une amplification de la réponse immunitaire et l'instauration d'une immunité de longue durée.

De manière générale, les vaccins de primo-vaccination pourront être choisis parmi les vaccins commerciaux disponibles auprès des différents producteurs de vaccins vétérinaires.

L'invention a aussi pour objet un kit de vaccination

regroupant un vaccin de primo-vaccination tel que décrit ci-dessus et une formule de vaccin selon l'invention pour le rappel. Elle a aussi trait à une formule de vaccin selon l'invention accompagnée d'une notice indiquant l'usage de cette
5 formule comme rappel d'une primo-vaccination telle que décrite ci-avant.

La présente invention a également pour objet une méthode de vaccination des bovins contre la pathologie respiratoire, comprenant l'administration de la formule de vaccin efficace
10 telle que décrit plus haut. Cette méthode de vaccination comprend l'administration d'une ou de plusieurs doses de formule de vaccin, ces doses pouvant être administrées successivement dans un court laps de temps et/ou successivement à des moments éloignés l'un de l'autre.

15 Les formules de vaccin selon l'invention pourront être administrées, dans le cadre de cette méthode de vaccination, par les différentes voies d'administration proposées dans l'art antérieur pour la vaccination polynucléotidique et au moyen des techniques d'administration connues.

20 L'invention a encore pour objet la méthode de vaccination consistant à faire une primo-vaccination telle que décrite ci-dessus et un rappel avec une formule de vaccin selon l'invention.

Dans une forme de mise en oeuvre préférée du procédé selon
25 l'invention, on administre dans un premier temps, à l'animal, une dose efficace du vaccin de type classique, notamment inactivé, vivant, atténué ou recombinant, ou encore un vaccin de sous-unité de façon à assurer une primo-vaccination, et, de préférence dans un délai de 2 à 6 semaines, on assure
30 l'administration du vaccin polyvalent ou monovalent selon l'invention.

L'invention va être maintenant décrite plus en détails à l'aide de modes de réalisation de l'invention pris en référence aux dessins annexés.

Liste des figures

- Figure N° 1 : Plasmide pVR1012
- Figure N° 2 : Séquence du gène BHV-1 ST gB
- Figure N° 3 : Construction du plasmide pPB156
- 5 Figure N° 4 : Plasmide pAB087
- Figure N° 5 : Plasmide pAB011
- Figure N° 6 : Plasmide pAB012
- Figure N° 7 : Plasmide pAB058
- Figure N° 8 : Plasmide pAB059
- 10 Figure N° 9 : Plasmide pAB060
- Figure N° 10 : Plasmide pAB071
- Figure N° 11 : Plasmide pAB072

Liste des séquences SEQ ID N°

- SEQ ID N° 1 : Séquence du gène BHV-1 gB (souche ST)
- 15 SEQ ID N° 2 : Oligonucléotide PB234
- SEQ ID N° 3 : Oligonucléotide PB235
- SEQ ID N° 4 : Oligonucléotide AB162
- SEQ ID N° 5 : Oligonucléotide AB163
- SEQ ID N° 6 : Oligonucléotide AB026
- 20 SEQ ID N° 7 : Oligonucléotide AB027
- SEQ ID N° 8 : Oligonucléotide AB028
- SEQ ID N° 9 : Oligonucléotide AB029
- SEQ ID N° 10 : Oligonucléotide AB110
- SEQ ID N° 11 : Oligonucléotide AB111
- 25 SEQ ID N° 12 : Oligonucléotide AB114
- SEQ ID N° 13 : Oligonucléotide AB115
- SEQ ID N° 14 : Oligonucléotide AB116
- SEQ ID N° 15 : Oligonucléotide AB117
- SEQ ID N° 16 : Oligonucléotide AB130
- 30 SEQ ID N° 17 : Oligonucléotide AB131
- SEQ ID N° 18 : Oligonucléotide AB132
- SEQ ID N° 19 : Oligonucléotide AB133

EXEMPLES

Exemple 1 : Culture des virus

Les virus sont cultivés sur le système cellulaire approprié jusqu'à obtention d'un
5 effet cytopathique. Les systèmes cellulaires à utiliser pour chaque virus sont
bien connus de l'homme du métier. Brièvement, des cellules sensibles au virus
utilisé, cultivées en milieu minimum essentiel de Eagle (milieu "MEM) ou un
autre milieu approprié, sont inoculées avec la souche virale étudiée en utilisant
une multiplicité d'infection de 1. Les cellules infectées sont alors incubées à
10 37°C pendant le temps nécessaire à l'apparition d'un effet cytopathique
complet (en moyenne 36 heures).

Exemple 2 : Extraction des ADNs génomiques viraux

Après culture, le surnageant et les cellules lysées sont récoltées et la totalité de
15 la suspension virale est centrifugée à 1000 g pendant 10 minutes à + 4°C
pour éliminer les débris cellulaires. Les particules virales sont alors récoltées par
ultracentrifugation à 400000 g pendant 1 heure à + 4°C. Le culot est repris
dans un volume minimum de tampon (Tris 10 mM, EDTA 1 mM). Cette
suspension virale concentrée est traitée par la protéinase K (100 µg/ml final) en
20 présence de sodium dodecyl sulfate (SDS) (0,5% final) pendant 2 heures à
37°C. L'ADN viral est ensuite extrait avec un mélange de phénol/chloroforme,
puis précipité avec 2 volumes d'éthanol absolu. Après une nuit à - 20°C, l'ADN
est centrifugé à 10000 g pendant 15 minutes à + 4°C. Le culot d'ADN est
séché, puis repris dans un volume minimum d'eau ultrapure stérile. Il peut alors
25 être digéré par des enzymes de restriction.

Exemple 3 : Isolement des ARNs génomiques viraux

Les virus à ARN ont été purifiés selon les techniques bien connues de l'homme
du métier. L'ARN viral génomique de chaque virus a été ensuite isolé en
30 utilisant la technique d'extraction "thiocyanate de guanidium/phénol-
chloroforme" décrite par P. Chomczynski et N. Sacchi (Anal. Biochem. 1987.
162. 156-159).

Exemple 4 : Techniques de biologie moléculaire

Toutes les constructions de plasmides ont été réalisées en utilisant les techniques standards de biologie moléculaire décrites par J. Sambrook *et al.* (*Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 2nd Edition, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York, 1989). Tous les fragments de restriction utilisés pour la présente invention ont été isolés en utilisant le kit "GeneClean" (BIO101 Inc. La Jolla, CA).

Exemple 5 : Technique de RT-PCR

Des oligonucléotides spécifiques (comportant à leurs extrémités 5' des sites de restriction pour faciliter le clonage des fragments amplifiés) ont été synthétisés de telle façon qu'ils couvrent entièrement les régions codantes des gènes devant être amplifiés (voir exemples spécifiques). La réaction de transcription inverse (RT) et l'amplification en chaîne par polymérase (PCR) ont été effectuées selon les techniques standards (J. Sambrook *et al.* *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 2nd Edition, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York, 1989). Chaque réaction de RT-PCR a été faite avec un couple d'amplimers spécifiques et en prenant comme matrice l'ARN génomique viral extrait. L'ADN complémentaire amplifié a été extrait au phénol/chloroforme/alcool isoamylique (25:24:1) avant d'être digéré par les enzymes de restriction.

Exemple 6 : plasmide pVR1012

Le plasmide pVR1012 (Figure N° 1) a été obtenu auprès de Vical Inc. San Diego, CA, USA. Sa construction a été décrite dans J. Hartikka *et al.* (*Human Gene Therapy*, 1996, 7, 1205-1217).

Exemple 7 : Construction du plasmide pPB156 (gène BHV-1 gB)

L'ADN génomique de l'herpèsvirus bovin BHV-1 (Souche ST) (Leung-Tack P. *et al.* *Virology*, 1994, 199, 409-421) a été préparé selon la technique décrite dans l'exemple 2 a été digéré par *Bam*HI. Après purification, le fragment *Bam*HI-*Bam*HI de 18 kpb a été cloné dans le vecteur pBR322 préalablement digéré par

BamHI, pour donner le plasmide pIBR-4-BamHI (22 kpb).

Le plasmide pIBR-4-BamHI a été ensuite digéré par *Sall* pour libérer un fragment Sall-Sall de 6,6 kpb contenant le gène codant pour la glycoprotéine gB du BHV-1 (Figure N° 2 et SEQ ID N° 1). Ce fragment a été cloné dans le vecteur
 5 pBR322, préalablement digéré par *Sall*, pour donner le plasmide pIBR-6,6-Sall (10,9 kpb).

Le plasmide pIBR-6,6-Sall a été digéré par *NheI* et *BglII* pour libérer un fragment *NheI*-*BglII* de 2676 pb contenant le gène codant pour la glycoprotéine gB de l'herpèsvirus bovin (BHV-1) (fragment A).

10 Une réaction de PCR a été réalisée avec l'ADN génomique de l'herpèsvirus bovin (BHV-1) (Souche ST) et avec les oligonucléotides suivants:

PB234 (30 mer) (SEQ ID N° 2)

5'TTGTCGACATGGCCGCTCGCGGCGGTGCTG 3'

PB235 (21 mer) (SEQ ID N° 3)

15 5'GCAGGGCAGCGGCTAGCGCGG 3'

pour isoler la partie 5' du gène codant pour la glycoprotéine gB du BHV-1. Après purification, le produit de PCR de 153 pb a été digéré par *Sall* et *NheI* pour isoler un fragment Sall-*NheI* de 145 pb (fragment B).

Les fragments A et B ont été ligaturés ensemble avec le vecteur pVR1012
 20 (exemple 6), préalablement digéré avec *Sall* et *BamHI*, pour donner le plasmide pPB156 (7691 pb) (Figure N° 3).

Exemple 8 : Construction du plasmide pAB087 (gène BHV-1 gD)

Une réaction de PCR a été réalisée avec l'ADN génomique de l'herpèsvirus
 25 bovin (BHV-1) (Souche ST) (P. Leung-Tack *et al.* Virology. 1994. 199. 409-421), préparé selon la technique décrite dans l'exemple 2 et avec les oligonucléotides suivants:

AB162 (31 mer) (SEQ ID N° 4)

5'AAACTGCAGATGCAAGGGCCGACATTGGCCG 3'

30 AB163 (30 mer) (SEQ ID N° 5)

5'ATCTTGTACCATATGACCGTGGCGTTG 3'

pour amplifier la partie 5' du gène codant pour la glycoprotéine gD de

l'herpèsvirus bovin (BHV-1) (N° d'accès séquence GenBank = L26360) sous la forme d'un fragment PCR de 338 pb. Après purification, ce fragment a été digéré par *Pst*I et *Nde*I pour isoler un fragment *Pst*I-*Nde*I de 317 pb (fragment A).

- 5 Le plasmide pBHV001 (P. Leung-Tack *et al.* Virology. 1994. **199**. 409-421.) a été digéré par *Nde*I et *Sty*I pour libérer un fragment de 942 pb contenant la partie 3' du gène codant pour la glycoprotéine gD du BHV-1 (fragment B). Les fragments A et B ont été ligaturés ensemble avec le vecteur pVR1012 (exemple 6), préalablement digéré avec *Pst*I et *Xba*I, pour donner le plasmide
- 10 pAB087 (6134 pb) (Figure N° 4).

Exemple 9 : Construction du plasmide pAB011 (gène BRSV F)

Une réaction de RT-PCR selon la technique décrite dans l'exemple 5 a été réalisée avec l'ARN génomique du virus respiratoire syncytial bovin (BRSV)

15 (Souche 391-2) (R. Lerch *et al.* Virology. 1991. **181**. 118-131), préparé comme indiqué dans l'exemple 3, et avec les oligonucléotides suivants:

AB026 (33 mer) (SEQ ID N° 6)

5'AAAACTGCAGGGATGGCGGCAACAGCCATGAGG 3'

AB027 (31 mer) (SEQ ID N° 7)

- 20 5'CGCGGATCCTCATTTACTAAAGGAAAGATTG 3'

pour isoler le gène codant pour la glycoprotéine de fusion F (BRSV F) sous la forme d'un fragment PCR de 1734 pb. Après purification, ce fragment a été digéré par *Pst*I et *Bam*HI pour isoler un fragment *Pst*I-*Bam*HI de 1717 pb. Ce fragment a été ligaturé avec le vecteur pVR1012 (exemple 6), préalablement

25 digéré avec *Pst*I et *Bam*HI, pour donner le plasmide pAB011 (6587 pb) (Figure N° 5).

Exemple 10 : Construction du plasmide pAB012 (gène BRSV G)

Une réaction de RT-PCR selon la technique décrite dans l'exemple 5 a été

30 réalisée avec l'ARN génomique du virus respiratoire syncytial bovin (BRSV) (Souche 391-2) (R. Lerch *et al.* J. Virology. 1990. **64**. 5559-5569) et avec les oligonucléotides suivants:

ABO28 (32 mer) (SEQ ID N° 8)

5'AAAAGTGCAGATGTCCAACCATACCCATCATC 3'

ABO29 (35 mer) (SEQ ID N° 9)

5'CGCGGATCCCTAGATCTGTGTAGTTGATTGATTTG 3'

- 5 pour isoler le gène codant pour la protéine G (BRSV G) sous la forme d'un fragment PCR de 780 pb. Après purification, ce fragment a été digéré par *Pst*I et *Bam*HI pour isoler un fragment *Pst*I-*Bam*HI de 763 pb. Ce fragment a été ligaturé avec le vecteur pVR1012 (exemple 6), préalablement digéré avec *Pst*I et *Bam*HI, pour donner le plasmide pAB012 (5634 pb) (Figure N° 6).

10

Exemple 11 : Construction du plasmide pAB058 (gène BVDV C)

Une réaction RT-PCR selon la technique décrite dans l'exemple 5 a été réalisée avec l'ARN génomique du virus de la diarrhée virale bovine (BVDV) (Souche Osloss) (L. De Moerlooze *et al.* J. Gen. Virol. 1993. 74. 1433-1438), préparé selon la technique décrite dans l'exemple 3 et avec les oligonucléotides suivants:

AB110 (35 mer) (SEQ ID N° 10)

5'AAAAGTGCAGATGTCCGACACAAAAGCAGAAGGGG 3'

AB111 (47 mer) (SEQ ID N° 11)

- 20 5'CGCGGATCCTCAATAAAAATCATTCCCCTGCGACTTGAAACAAAAC 3'
pour amplifier un fragment de 342 pb contenant le gène codant pour la protéine de capsid C du virus BVDV. Après purification, le produit de RT-PCR a été digéré par *Pst*I et *Bam*HI pour donner un fragment *Pst*I-*Bam*HI de 324 pb. Ce fragment a été ligaturé avec le vecteur pVR1012 (exemple 6), préalablement digéré avec *Pst*I et *Bam*HI, pour donner le plasmide pAB058 (5183 pb) (Figure N° 7).
- 25

Exemple 12 : Construction du plasmide pAB059 ("gène" BVDV E1)

Une réaction RT-PCR selon la technique décrite dans l'exemple 5 a été réalisée avec l'ARN génomique du virus de la diarrhée virale bovine (BVDV) (Souche Osloss) (L. De Moerlooze *et al.* J. Gen. Virol. 1993. 74. 1433-1438) et avec les oligonucléotides suivants:

30

AB114 (32 mer) (SEQ ID N° 12)

5'ACGCGTCGACATGAAGAACTAGAGAAAGCCC 3'

AB115 (33 mer) (SEQ ID N° 13)

5'CGCGGATCCTCAGCCGGGTTTGCAAACCTGGGAG 3'

- 5 pour isoler la séquence codant pour la protéine E1 du virus BVDV sous la forme d'un fragment PCR de 1381 pb. Après purification, ce fragment a été digéré par *Sall* et *Bam*HI pour donner un fragment *Sall*-*Bam*HI de 1367 pb.

Ce fragment a été ligaturé avec le vecteur pVR1012 (exemple 6), préalablement digéré avec *Sall* et *Bam*HI, pour donner le plasmide pAB059 (6236 pb) (Figure

10 N° 8).

Exemple 13 : Construction du plasmide pAB060 ("gène" BVDV E2)

Une réaction RT-PCR selon la technique décrite dans l'exemple 5 a été réalisée avec l'ARN génomique du virus de la diarrhée virale bovine (BVDV) (Souche
15 Osloss) (L. De Moerlooze *et al.* J. Gen. Virol. 1993. **74**. 1433-1438) et avec les oligonucléotides suivants:

AB116 (36 mer) (SEQ ID N° 14)

5'ACGCGTCGACATGACGACTACTGCATTCCTGGTATG 3'

AB117 (33 mer) (SEQ ID N° 15)

20 5'CGCGGATCCTCATTGACGTCCCGAGGTCATTTG 3'

pour isoler la séquence codant pour la protéine E2 du virus BVDV sous la forme d'un fragment PCR de 1252 pb. Après purification, ce fragment a été digéré par *Sall* et *Bam*HI pour donner un fragment *Sall*-*Bam*HI de 1238 pb.

Ce fragment a été ligaturé avec le vecteur pVR1012 (exemple 6), préalablement
25 digéré avec *Sall* et *Bam*HI, pour donner le plasmide pAB060 (6107 pb) (Figure N° 9).

Exemple 14 : Construction du plasmide pAB071 (gène BPIV HN)

Une réaction de RT-PCR selon la technique décrite dans l'exemple 5 a été
30 réalisée avec l'ARN génomique du virus parainfluenza bovin de type 3 (PI3 = BPIV) et avec les oligonucléotides suivants:

AB130 (33 mer) (SEQ ID N° 16)

5'TTTGTCGACATGGAATATTGGAAACACACAAAC 3'

AB131 (33 mer) (SEQ ID N° 17)

5'TTTGGATCCTTAGCTGCAGTTTTTCGGAACTTC 3'

pour isoler le gène codant pour la glycoprotéine HN du BPIV (séquence du gène

- 5 HN déposée par H. Shibuta en 1987. N° d'accès de la séquence sur GenBank = Y00115) sous la forme d'un fragment PCR de 1737 pb. Après purification, ce fragment a été digéré par *SaI* et *Bam*HI pour isoler un fragment *SaI*-*Bam*HI de 1725 pb. Ce fragment a été ligaturé avec le vecteur pVR1012 (exemple 6), préalablement digéré avec *SaI* et *Bam*HI, pour donner le plasmide pAB071
- 10 (6593 pb) (Figure N° 10).

Exemple 15 : Construction du plasmide pAB072 (gène BPIV F)

Une réaction de RT-PCR selon la technique décrite dans l'exemple 5 a été réalisée avec l'ARN génomique du virus parainfluenza bovin de type 3 (PI3 =

- 15 BPIV) et avec les oligonucléotides suivants:

AB132 (30 mer) (SEQ ID N° 18)

5'TTTGTCGACATGATCATCACAAACACAATC 3'

AB133 (30 mer) (SEQ ID N° 19)

5'TTTGGATCCTCATTGTCTACTTGTTAGTAC 3'

- 20 pour isoler le gène codant pour la protéine F du BPIV (séquence du gène F déposée par H. Shibuta en 1987. N° d'accès de la séquence sur GenBank = Y00115) sous la forme d'un fragment PCR de 1641 pb. Après purification, ce fragment a été digéré par *SaI* et *Bam*HI pour isoler un fragment *SaI*-*Bam*HI de 1629 pb. Ce fragment a été ligaturé avec le vecteur pVR1012 (exemple 6),
- 25 préalablement digéré avec *SaI* et *Bam*HI, pour donner le plasmide pAB072 (6497 pb) (Figure N° 11).

Exemple 16 : Préparation et purification des plasmides

Pour la préparation des plasmides destinés à la vaccination des animaux, on

- 30 peut utiliser toute technique permettant d'obtenir une suspension de plasmides purifiés majoritairement sous forme superenroulée. Ces techniques sont bien connues de l'homme de l'art. On peut citer en particulier la technique de lyse

alcaline suivie de deux ultracentrifugations successives sur gradient de chlorure de césium en présence de bromure d'éthidium telle que décrite dans J. Sambrook *et al.* (*Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 2nd Edition, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York, 1989). On peut se
5 référer également aux demandes de brevet PCT WO 95/21250 et PCT WO 96/02658 qui décrivent des méthodes pour produire à l'échelle industrielle des plasmides utilisables pour la vaccination. Pour les besoins de la fabrication des vaccins (voir exemple 17), les plasmides purifiés sont resuspendus de manière à obtenir des solutions à haute concentration (> 2 mg/ml) compatibles avec
10 le stockage. Pour ce faire, les plasmides sont resuspendus soit en eau ultrapure, soit en tampon TE (Tris-HCl 10 mM; EDTA 1 mM, pH 8,0).

Exemple 17 : Fabrication des vaccins associés

Les divers plasmides nécessaires à la fabrication d'un vaccin associé sont
15 mélangés à partir de leurs solutions concentrées (exemple 16). Les mélanges sont réalisés de telle manière que la concentration finale de chaque plasmide corresponde à la dose efficace de chaque plasmide. Les solutions utilisables pour ajuster la concentration finale du vaccin peuvent être soit une solution NaCl à 0,9 % , soit du tampon PBS.
20 Des formulations particulières telles que les liposomes, les lipides cationiques, peuvent aussi être mises en oeuvre pour la fabrication des vaccins.

Exemple 18 : Vaccination des bovins

Les bovins sont vaccinés avec des doses de 100 µg, 250 µg ou 500 µg par
25 plasmide. Les injections sont réalisées à l'aiguille par voie intramusculaire soit au niveau du muscle *gluteus*, soit au niveau des muscles du cou. Les doses vaccinales sont administrées sous des volumes compris entre 1 et 5 ml.

REVENDICATIONS

5 1. Formule de vaccin bovin contre la pathologie
respiratoire des bovins, comprenant au moins trois valences de
vaccin polynucléotidique comprenant chacune un plasmide
intégrant, de manière à l'exprimer in vivo dans les cellules
hôtes, un gène d'une valence de pathogène respiratoire bovin,
10 ces valences étant choisies parmi le groupe consistant en virus
herpès bovin, virus respiratoire syncytial bovin, virus de la
maladie des muqueuses et virus parainfluenza de type 3, les
plasmides comprenant, pour chaque valence, un ou plusieurs des
gènes choisis parmi le groupe consistant en gB et gD pour le
15 virus herpès bovin, F et G pour le virus respiratoire
syncytial bovin, E2, C + E1 + E2 et E1 + E2 pour le virus de
la maladie des muqueuses, HN et F pour le virus parainfluenza
de type 3.

20 2. Formule de vaccin selon la revendication 1,
caractérisée en ce qu'il comporte les quatre valences de vaccin
polynucleotidique.

25 3. Formule de vaccin selon la revendication 1 ou 2,
caractérisée en ce qu'elle comprend les gènes gB et gD du virus
herpès bovin, dans le même plasmide ou dans des plasmides
différents.

30 4. Formule selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en
ce qu'elle comprend les gènes F et G du virus respiratoire
syncytial bovin, dans le même plasmide ou dans des plasmides
différents.

35 5. Formule de vaccin selon la revendication 1 ou 2,
caractérisée en ce que le plasmide pour le virus de la maladie
des muqueuses comprend le gène E2.

 6. Formule de vaccin selon la revendication 1 ou 2,
caractérisée en ce que, pour la valence virus parainfluenza de
type 3, elle comprend le gène HN dans un plasmide ou l'ensemble
des gènes codant pour HN et F dans le même plasmide ou dans des
plasmides différents.

 7. Formule de vaccin selon l'ensemble des revendications

1 à 6.

8. Formule de vaccin selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'il comprend de 10 ng à 1 mg, de préférence de 100 ng à 500 µg plus
5 préférentiellement encore de 1 µg à 250 µg de chaque plasmide.

9. Utilisation d'un ou de plusieurs plasmides tels que décrits dans l'une quelconque des revendications 1 à 8, pour la fabrication d'un vaccin destiné à vacciner les bovins primo-
10 vaccinés au moyen d'un premier vaccin choisi dans le groupe consistant en vaccin entier vivant, vaccin entier inactivé, vaccin de sous-unité, vaccin recombinant, ce premier vaccin présentant le ou les antigène(s) codé(s) par le ou les plasmide(s) ou antigène(s) assurant une protection croisée.

10. Kit de vaccination regroupant une formule de vaccin
15 selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 et un vaccin choisi dans le groupe consistant en vaccin entier vivant, vaccin entier inactivé, vaccin de sous-unité, vaccin recombinant, ce premier vaccin présentant l'antigène codé par le vaccin polynucléotidique ou un antigène assurant une
-20 protection croisée, pour une administration de ce dernier en primo-vaccination et pour un rappel avec la formule de vaccin.

25

30

35

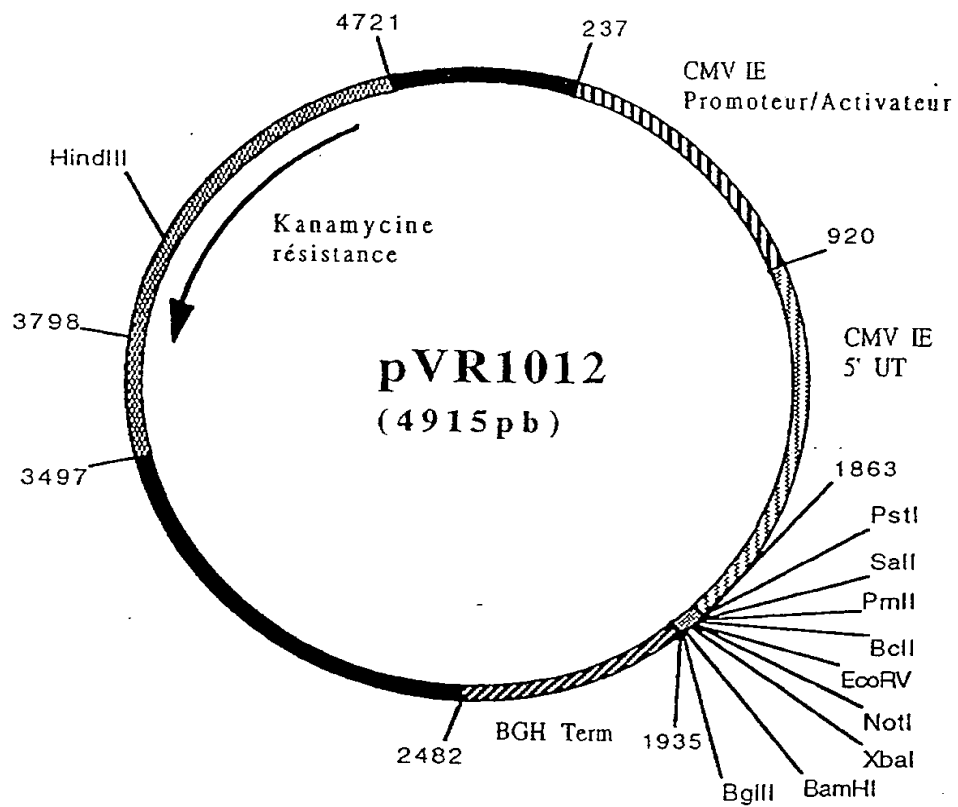


Figure N° 1

Figure N° 2

Figure N° 2 (suite)

4 / 13

2269 ACGGACGGCAATATGGCCATCATGCGAGGGCTCGCCAACTTCTTTTCAGGGCCTGGGCGCCGTC
757 ▶ ThrAspGlyAsnMetAlaIleMetArgGlyLeuAlaAsnPhePheGlnGlyLeuGlyAlaVal

2332 GGGCAGGCGGTGGGCACGGTGGTGCTGGGCGCCGCGGGTGCCGCGCTCTCGACCGTGTGCGGC
778 ▶ GlyGlnAlaValGlyThrValValLeuGlyAlaAlaGlyAlaAlaLeuSerThrValSerGly

2395 ATCGCCTCGTTTATTGCGAACCCGTTTCGGCGCGCTGGCCACGGGGCTGCTGGTGCTCGCCGGG
799 ▶ IleAlaSerPheIleAlaAsnProPheGlyAlaLeuAlaThrGlyLeuLeuValLeuAlaGly

2458 CTGGTGGCCGCTTTTCCTGGCGTACCGGTACATTTCCTCGCCTCCGCAGCAACCCCATGAAGGCG
820 ▶ LeuValAlaAlaPheLeuAlaTyrArgTyrIleSerArgLeuArgSerAsnProMetLysAla

2521 CTGTACCCGATCACCACGCGCGCGCTCAAGGACGACGCCCCGGGGCGCAACCGCCCCGGGCGAG
841 ▶ LeuTyrProIleThrThrArgAlaLeuLysAspAspAlaArgGlyAlaThrAlaProGlyGlu

2584 GAAGAGGAGGAGTTTGACGCGGCCAACTGAGCAGGCCCGCGAGATGATCAAGTATATGTCTG
862 ▶ GluGluGluGluPheAspAlaAlaLysLeuGluGlnAlaArgGluMetIleLysTyrMetSer

2647 CTCGTGTCAGCGGTTCGAGCGGCAAGAGCACAAGGCCAAAAAGAGCAACAAGGGCGGCCCGCTG
883 ▶ LeuValSerAlaValGluArgGlnGluHisLysAlaLysLysSerAsnLysGlyGlyProLeu

2710 CTGGCGACCCGGCTGACGCAGCTCGCGCTTCGGCGGCGAGCGCCGCGGAGTACCAGCAGCTT
904 ▶ LeuAlaThrArgLeuThrGlnLeuAlaLeuArgArgArgAlaProProGluTyrGlnGlnLeu

2773 CCGATGGCCGACGTCGGGGGGGCATGA
925 ▶ ProMetAlaAspValGlyGlyAla...

Figure N° 2 (fin)

5/13

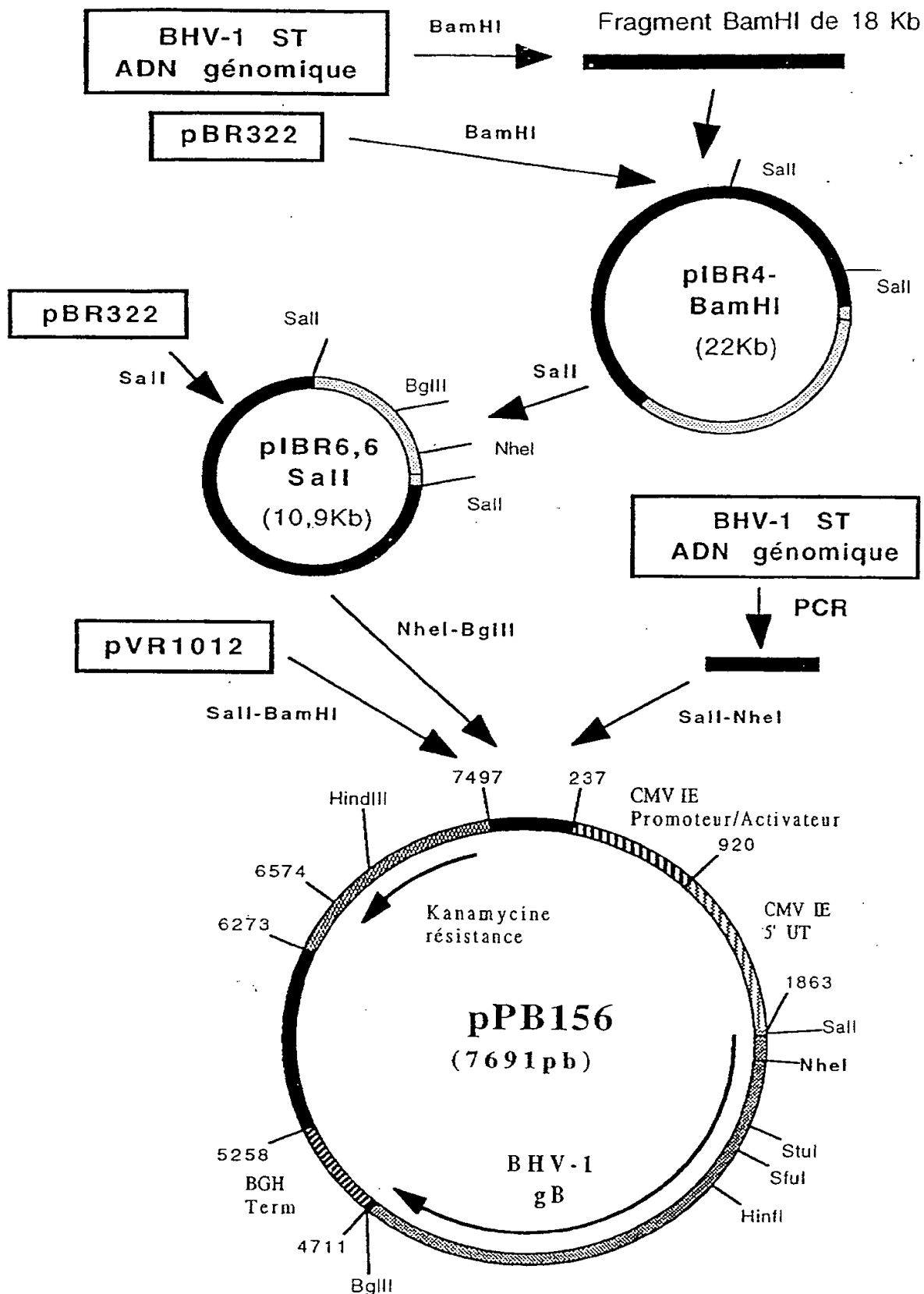


Figure N° 3

6/13

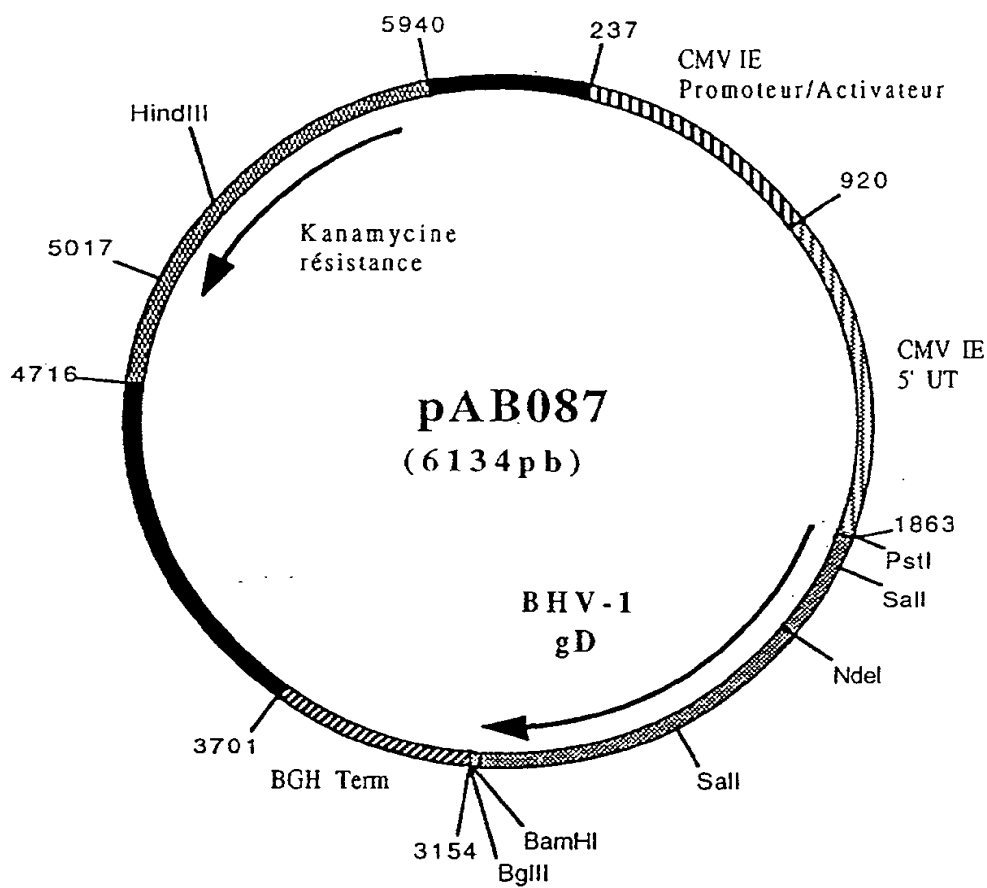


Figure N° 4

7/13

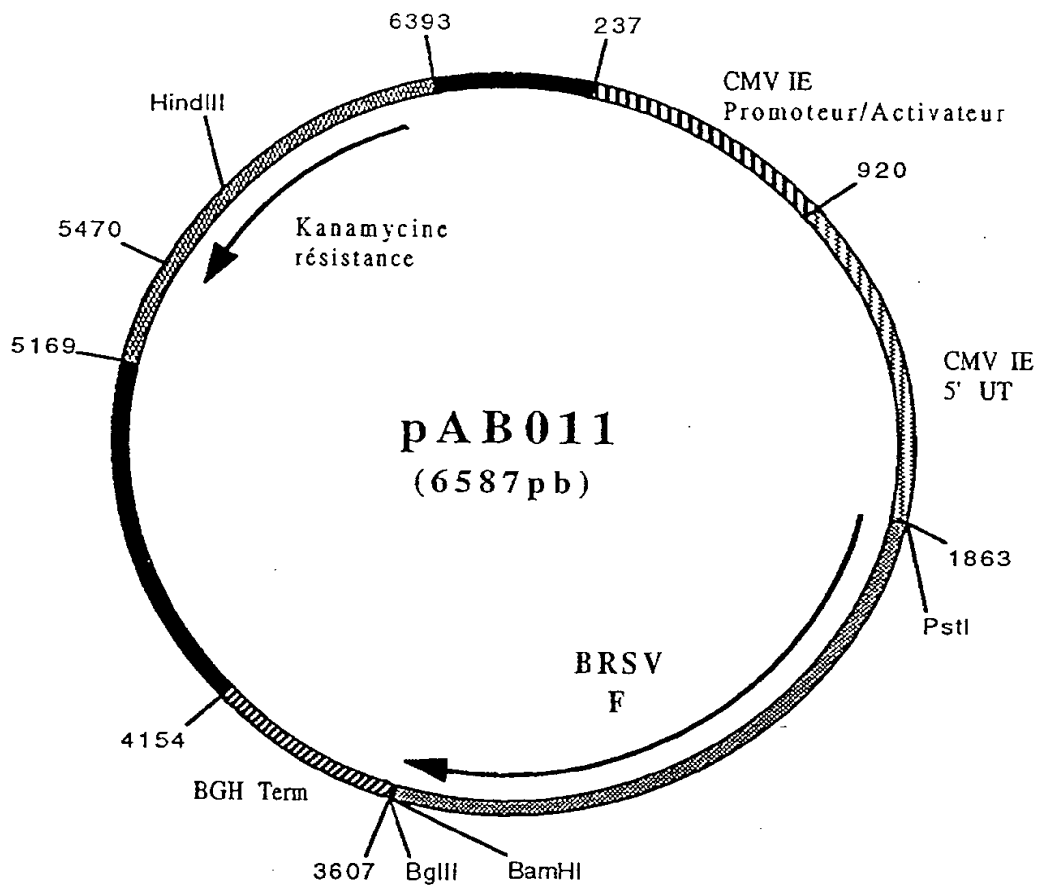


Figure N° 5

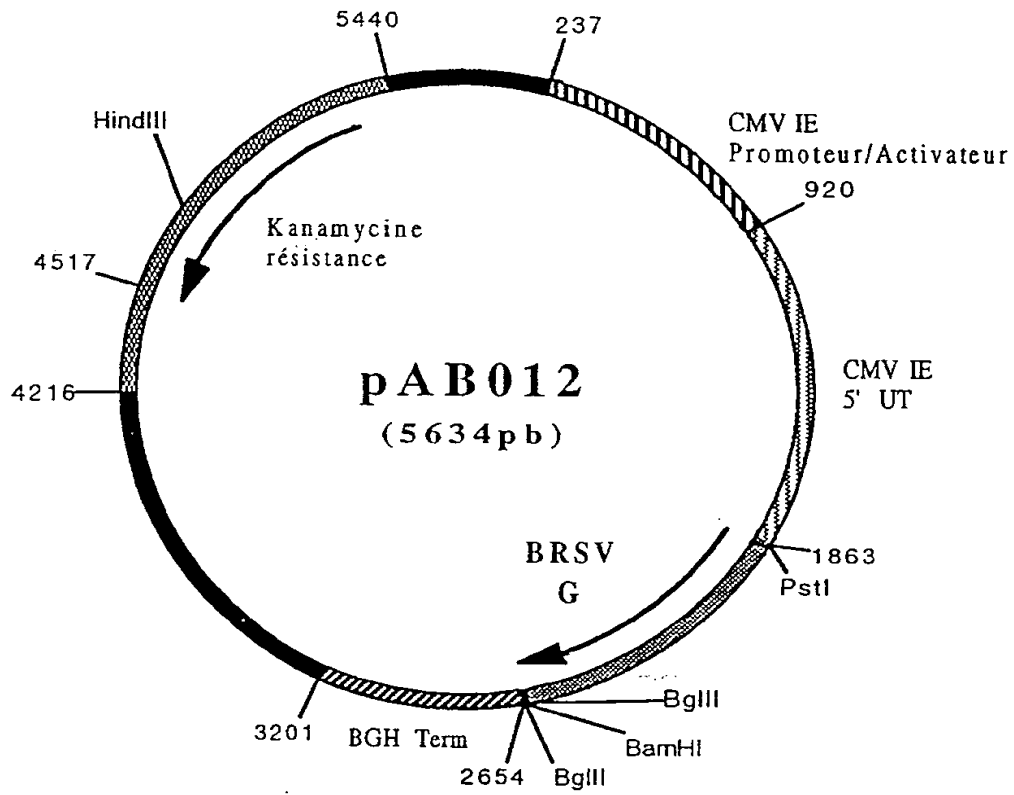


Figure N° 6

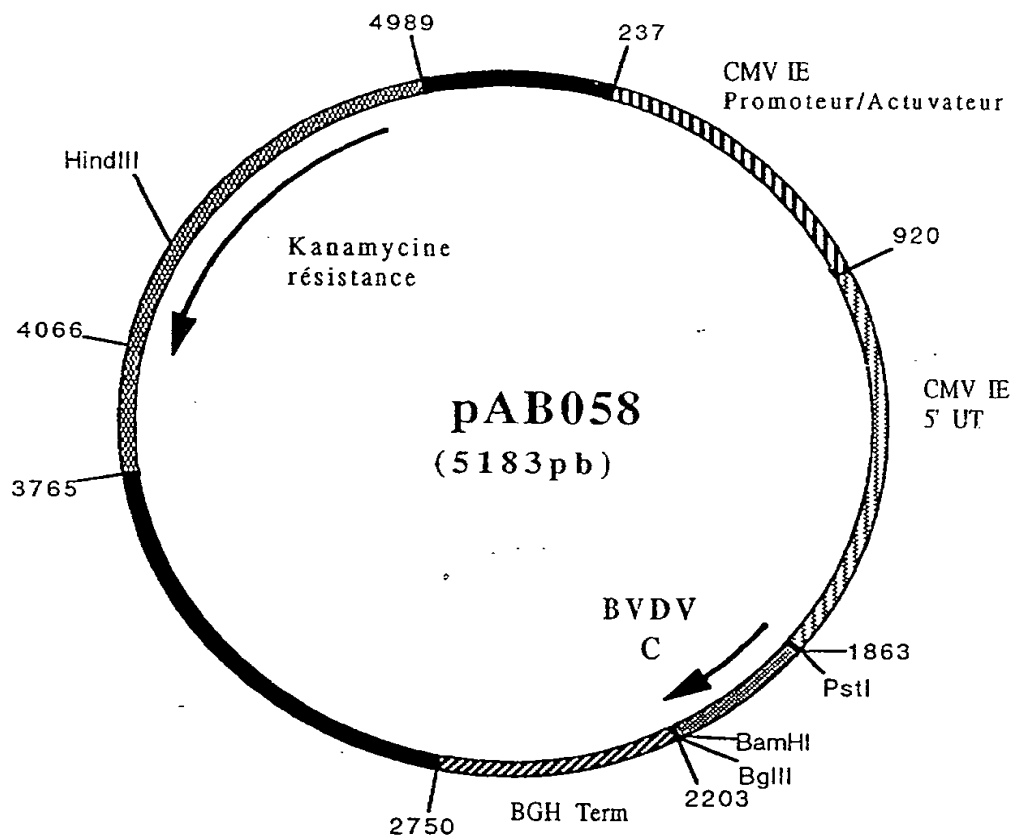


Figure N° 7

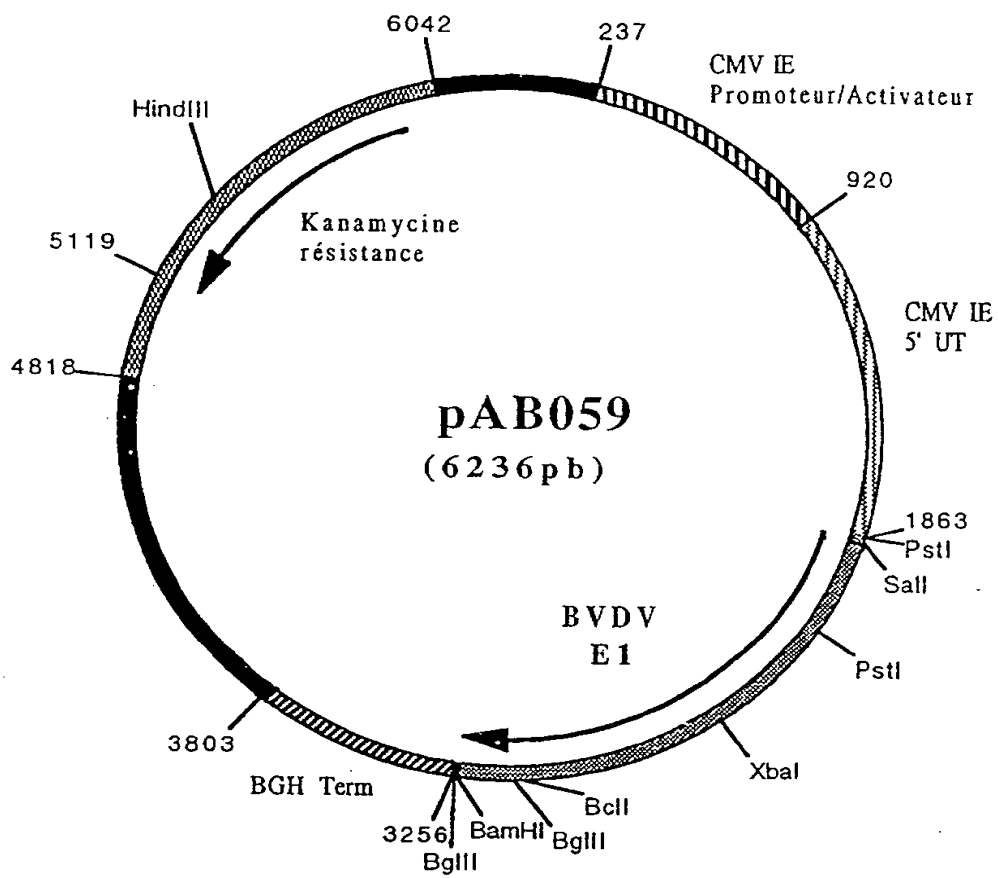


Figure N° 8

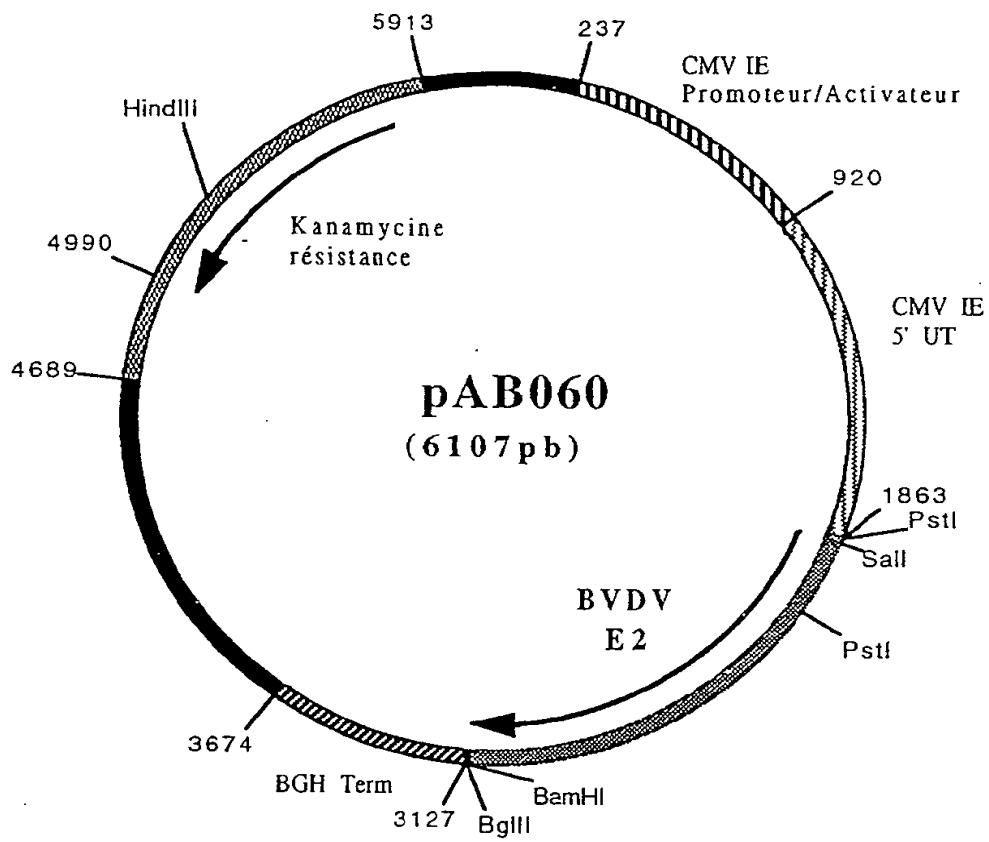


Figure N° 9

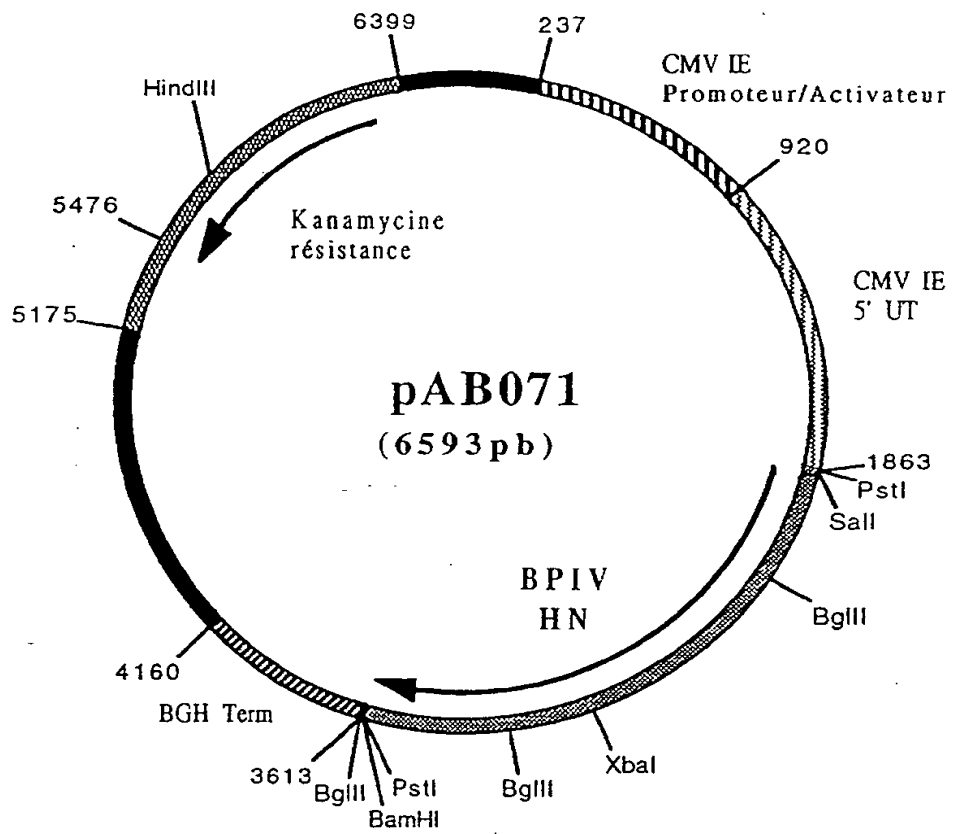


Figure N° 10

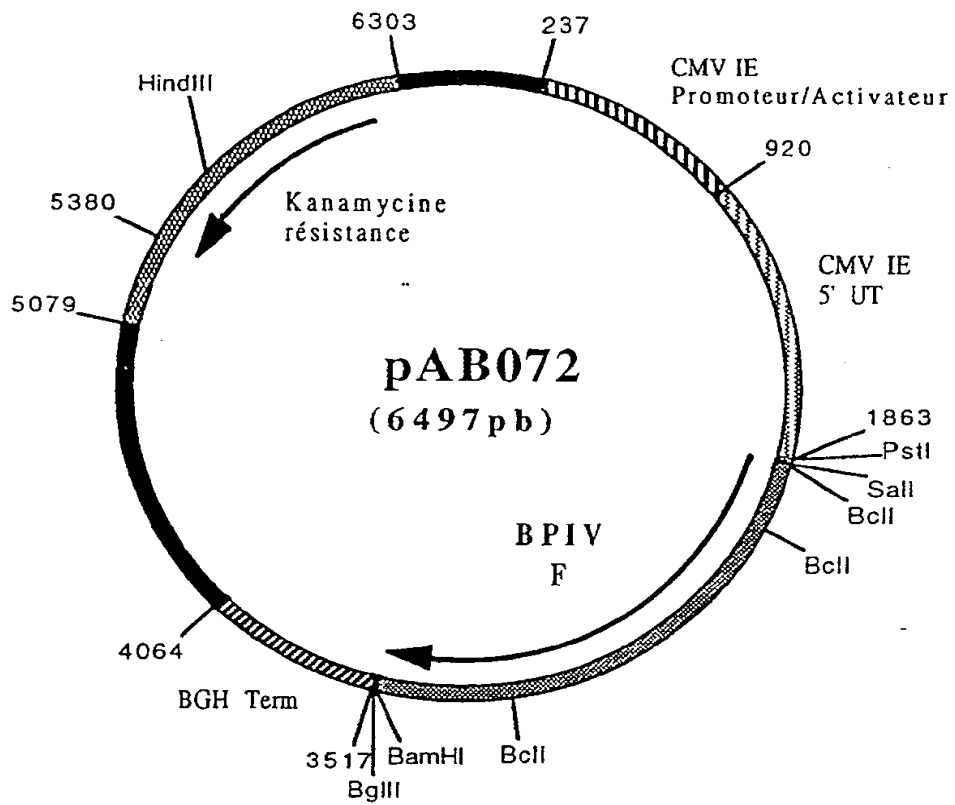


Figure N° 11

INSTITUT NATIONAL

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIREde la
PROPRIETE INDUSTRIELLEétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFA 533545
FR 9609403

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
D,A	WO 95 20660 A (UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS MEDICAL CENTER) * le document en entier *	1-10
A	WO 93 14207 A (CONNAUGHT LABORATORIES LIMITED) * le document en entier *	1-10
A	EP 0 661 059 A (MILES INC.) * le document en entier *	1-10
D,A	VACCINE 13 (4). 1995. 415-421, XP002028713 CROWE J E JR: "Current approaches to the development of vaccines against disease caused by respiratory syncytial virus (RSV) and parainfluenza virus (PIV): A meeting report of the WHO Programme for Vaccine Development (Nyon, Switzerland, March 27, 1994)." * le document en entier *	1-10
D,A	JOURNAL OF VIROLOGY, vol. 67, no. 9, 1 Septembre 1993, pages 5664-5667, XP000574935 COX G J M ET AL: "BOVINE HERPESVIRUS 1: IMMUNE RESPONSES IN MICE AND CATTLE INJECTED WITH PLASMID DNA" * le document en entier *	1-10
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		A61K C07K
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
3 Avril 1997		Moreau, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

THIS PAGE BLANK (USPTO)